



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maaehitusinstituut

Enrico Orobko

**HARILIKU KUUSE TÜVELÕHEDE ANALÜÜS ALATSKIVI
KATSEKULTUURIS**

**STUDY OF STEM CRACKS IN NORWAY SPRUCE IN
ALATSKIVI PROVENANCE TRAIL**

Bakalaureusetöö
Metsanduse õppekava

Juhendajad: teadur Sandra Metslaid, *PhD*
dotsent Diana Laarmann, *PhD*

Tartu 2019

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Enrico Orobko		Õppekava: Metsandus	
Pealkiri: Hariliku kuuse tüvelõhede analüüs Alatskivi katsekultuuris			
Lehekülgi: 32	Jooniseid: 14	Tabeleid: 2	Lisasid: 5
Õppetool: metsakorralduse ja metsatööstuse õppetool			
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: Metsandusteadus, B430			
Juhendaja(d): Sandra Metsalaid, Diana Laarmann			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2019			
<p>Tüvelõhesid tekitavaks faktoriks peetakse puusisest stressi, mis on tingitud külmast, põuast, tuulest ja äikesest. Tüvelõhed harilikul kuusel tekivad enamasti viljakamates kasvukohatüüpides, lõuna poolt imporditud taimedel, tavaliselt siis, kui kuuse vanus ületab 20 aastat. Uurimuses leiti, et lisaks välimistele tüvelõhedele sisaldasid puud ka sisemisi tüvelõhesid. Bakalaureusetöö eesmärk oli uurida Alatskivi katsekultuuri hariliku kuuse tüvelõhede tekkeaastaid, suunda, ning seoseid kliimaga. Mudelpuud võeti 16 erinevast päritolust. 29 mudelpuu peale saadi kokku 389 prooviketast.</p>			
<p>Töö käigus selgus, et tüvelõhed tekkisid aastatel 1985 – 2018. Välimisi tüvelõhesid oli kokku 64. Kõige rohkem välimisi tüvelõhesid tekkis 2002. aastal. Kõige rohkem esines välimisi tüvelõhesid põhja suunas. Analüüsis tuli välja, et kõige rohkem sisemisi tüvelõhesid esines loode suunas. Kliimaatilised seosed olid uuritud töös 1992 ja 2002. aastal olevate põuaperioodidega.</p>			
Märksõnad: dendrokronoloogia, tüvelõhed, aastarõngad, harilik kuusk			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor’s Thesis	
Author: Enrico Orobko		Speciality: Forestry	
Title: Study of stem cracks in Norway spruce in Alatskivi provenance trail			
Pages: 32	Figures: 14	Tables: 2	Appendixes: 5
Chair: chair of forest management and wood processing technologies Field of research and (CERC S) code: Forest Science, B430 Supervisors: Sandra Metslaid, Diana Laarmann Place and date: Tartu 2019			
<p>Stem cracks in trees may occur due extreme climatic conditions, such as cold, drought, wind and lightning. Based on previous studies, stem cracks in Norway spruce more often occur in trees growing on fertile site types, in plants imported from Southern regions that are older than 20 years. During the current study it was found that, in addition to the external cracks, the trees also contained internal cracks that are not observable outside the tree.</p> <p>The aim of this Bachelor's thesis was to study external and internal stem cracks formed in different Norway spruce trees, growing in Alatskivi provenance trail. It was also aimed to establish the year of crack formation and to relate it to climatic conditions. Occurrence of internal cracks were studied along the tree stem. Twenty nine model trees with 16 different seed origin were felled and cross-sections sampled along the stem. Altogether for crack dating 389 cross-sections were used to date cracks.</p> <p>Data analysis revealed that external stem cracks occurred over period of 1985 – 2018. External stem cracks usually formed on the North side of the tree, whereas most of the internal stem cracks were present in the Northwest. Stem crack number was high in extremely dry years, but also was related to low mean temperatures in October.</p>			
Keywords: dendrochronology, stem cracks, tree-ring, Norway spruce			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
MATERJAL JA METOODIKA.....	7
Prooviala	7
Välitööd	9
Labortööd.....	12
Meteoroloogilised andmed.....	13
Andmete analüüs.....	14
TULEMUSED	15
Välimised tüvelõhed	15
Sisemised tüvelõhed	18
ARUTELU	23
KOKKUVÕTE	24
KASUTATUD KIRJANDUS	25
LISAD	26

SISSEJUHATUS

Mets katab 51% Eesti maismaast ning on väga oluline keskkonnakujundaja. Mets on taimedele elupaik ning loomadele kodupaik. Inimestele on mets koht, kus puhata ja matkata. Samas on mets ka olulisim taastuv loodusvara ning toorainebaas tööstusele ja energeetikale, andes tööd mitmekümnele tuhandele inimesele (Keskkonnaagentuur 2016).

Käesoleva töö uurimus on oluline seetõttu, et kuna Eesti erametsaomanikud soovivad oma metsi uuendada, ei ole neil võimalik piisavalt taimi kodumaalt hankida. Seetõttu tuleb uurida teiste päritoludega taimi, mida saaks vajadusel importida välisriikidest, mis oleksid Eesti kliima juures vastupidavamad ja odavamad kui siseriiklikult soetades.

Põhinedes Aastaraamat Mets 2017 andmetele, saame teada, et Euroliidust imporditi taimepuuduse leevendamiseks ligi 4 miljonit metsapuutaimet. Enamik taimi imporditi Baltiriikidest, kuna seaduses on kirjas, et metsa uuendamisel on lubatud kasutada hariliku kuuse (*Picea abies* (L.) Karst.) kultiveerimismaterjali, mille algmaterjal pärineb Läti või Leedu vabariigist (Aastaraamat Mets 2017).

Parimaks võimaluseks, et teada saada, milline päritolu meie kliimale kõige paremini sobib, oli uurida Alatskivi katseala, kvartal AK118 tüvelõhedega harilikke kuuski, mis olid imporditud välisriikidest. Uurimuses kasutatud hariliku kuuse seemned on pärit Eestist, Lätist, Leedust, Valgevenest, Ukrainast ja Venemaalt.

Tüvelõhesid tekitavaks faktoriks peetakse puusisest stressi, mis on tingitud külmast, põuast, tuulest ja äikesest (Cherubini jt 1997). Tüvelõhed tekivad enamasti viljakamates kasvukohatüüpides, lõuna poolt imporditud taimedel, tavaliselt siis, kui hariliku kuuse vanus ületab 20 aastat (Maaten 2014).

Käesoleva töö eesmärkideks on 1) uurida erineva päritoludega puude tüvelõhede tekkimise aega; 2) leida, millises ilmakaare suunas asetsevad puul asuvad nii sisemised kui ka välimised tüvelõhed; 3) uurida kliima ning tüvelõhede tekkimise omavahelist seost; 4) leida, millise päritoluga taimed võivad meie kliimale kõige paremini sobida.

Antud uurimuses kasutati dendrokronoloogilisi meetodeid, et analüüsida aastarõngaste vahelisi seoseid. Dendrokronoloogia on teadus, mis uurib puid, et teada saada nende elu jooksul juhtunud probleemidest (Speer 2010).

Käesolev uurimistöö on valminud SA Keskkonnainvesteeringute Keskuse projekti „Erineva päritoluga hariliku kuuse populatsioonide kasvureaktsioon, vastupanu- ja taastumisvõime põuajärgselt – dendrokronoloogiline analüüs“ raames.

MATERJAL JA METOODIKA

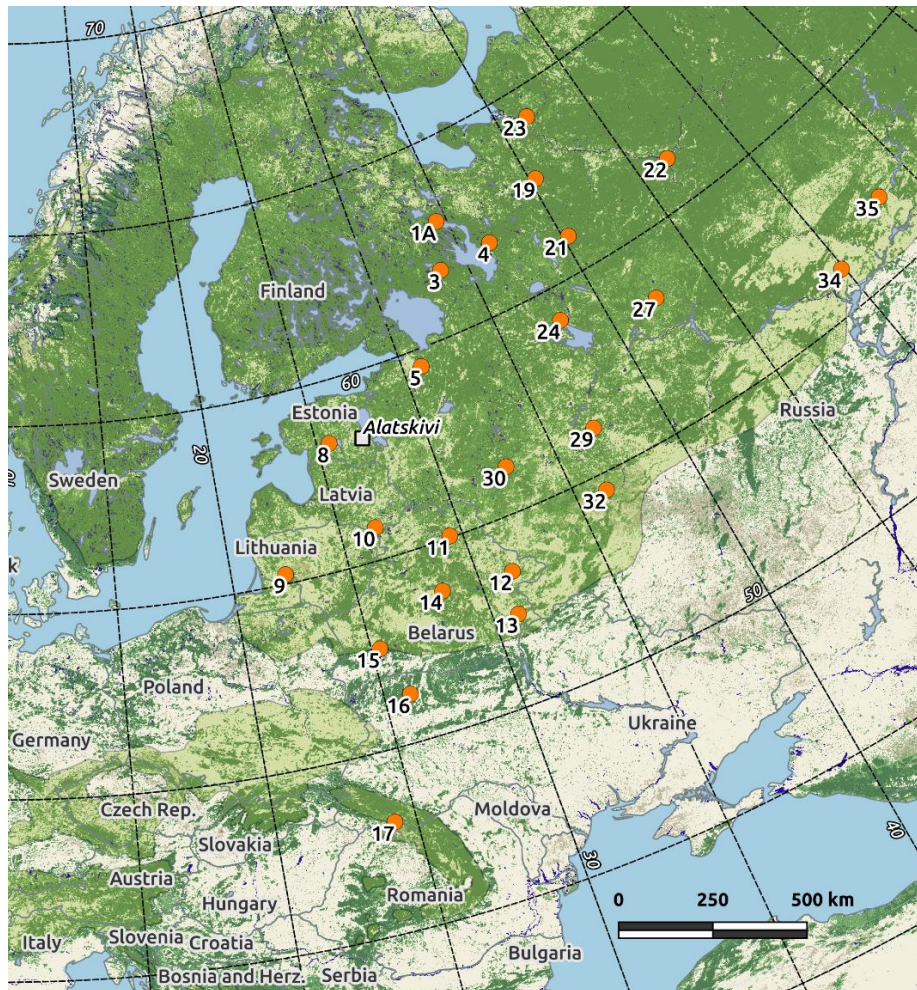
Prooviala

Bakalaureuse uurimistöö teostamiseks valiti Alatskivi hariliku kuuse katsekultuur, mis asub Ida-Eestis Tartumaa metskonna kvartalil AK118 eraldistel 12, 14 ja 15. Kolme eraldise kogupindala on 7,74 ha. Töös uuritud harilike kuuskede eraldiste kasvukohatüübiks on angervaksa ning boniteetid on I ja IA. Antud eraldisi takseeriti viimati 2012. aastal (tabel 1) ning ala haldab Riigimetsa Majandamise Keskus (Metsaregister 2019).

Tabel 1. Alatskivi hariliku kuuse katsekultuuris eraldatud puistu takseerandmed (Metsaregister 2019). (KU-harilik kuusk, LM- sanglepp (*Alnus glutinosa*), KS – pk kask (*Betula* sp), D - puistu diameeter, H – puistu kõrgus, G – rinnaspindala, V - tagavara, N - puude arv)

Eraldis	Koosseis	D (cm)	H (m)	G (m ² /ha)	V (m ³ /ha)	N (tk/ha)
12	9KU/0,5LM/0,5KS	16	14	16	124	798
14	8KU/2KS	16	18	14,6	136	726
15	8KU/1,5KS/0,5LM	16	16	15,4	131	767

Katsekultuur istutati 1979. aasta maikuus endisele heinamaale pindalaga 20 ha. Katseala eesmärgiks oli uurida endise NSVL Euroopa osast pärinevaid hariliku kuuse kultiveerimismaterjalide sobivust Eesti kliimale (Maaten 2014). Joonisel 1 on näidatud seemnete päritolu asukohad.



Joonis 1. Seemnete päritolude asukohad Euroopa kaardil. Numbriga ja oranžiga tähendavad kaardil seemnete päritolu (tabel 1). Ruuduga on märgitud Alatskivi hariliku kuuse katseala. Roheline värv näitab hariliku kuuse areaali Euroopas (EUFORGEN 2019, kaardi autor A. Potapov).

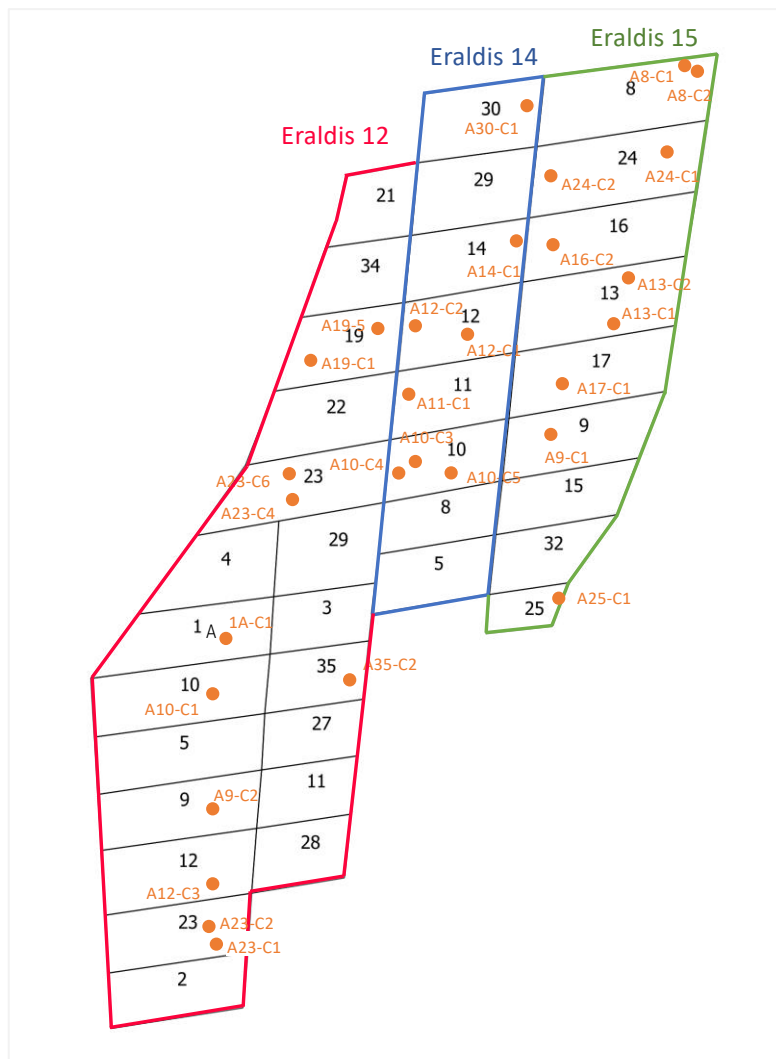
Katseruutudel istutati 4-aastaseid (2 aastat konteineris ja 2 aastat avamaal) harilikke kuuski kolmes korduses, kaks käsitsi ja üks mehhaniseeritult ning istutussead kogu katsealal olid 2,5 x 1,5 m (Etverk 1990).

Peamiseks mõjuks katsealale oli suure kraavi tõttu liigniiskus ning enne inventuuri läbiviidav harvendusraie. Katseala asub selle piirkonna kõige madalamas punktis suure kraavi tõttu (Maaten 2014).

Täna on katsealast alles jäänud ainult antud töös uuritavad eraldised, ülejäänud eraldistel on puud raiutud (joonis 2).

Välitööd

Erinevate päritoludega hariliku kuuse Alatskivi katsekultuuri (joonis 1) alles jäänud katseruute inventeeriti 2018. a. suve lõpus, kus tähistati väliste tüvelõhedega puud lintidega ning tehti plaan nende edasiseks uurimiseks. Välja valiti tüvelõhesid sisaldavad mudelpuud. Valitud puudele märgiti koheselt värviga peale põhjasuund. Puud märgiti värviga seetõttu, et hiljem laboris oleks proovikettal selgelt näha, millisesse suunda tüvelõhed dateerida. Kuna antud katseala haldaja on Riigimetsa Majandamise Keskus, tuli luba küsida tüvelõhedega puude langetamiseks edaspidise uurimise jaoks. Katsealalt lubati langetada kolmelt eraldi kokku 29 puud (joonis 2). Enne mudelpuude langetamist mõõdeti valitud puudel tüvelõhe algkõrgus, lõppkõrgus, suund ning puu kõrgus, eluvõra algus ja diameeter. Uurimuse jaoks koguti kokku 389 prooviketast. Peale langetamist laasiti oksad ning lõigati (0,3-0,5 m) kännukõrgusest iga 1 m järel proovikettad ladvani, kuni diameetrini 12 cm. Kuna teiste proovide võtmise ajal märgati, et mõnedel puudel esineval sisemised praod, otsustati proovikettaid igalt puult koguda rohkem. Mõnel juhul lõigati puult lisakettad, kuna tüvelõhe ei läbinud lõikamise kohta. Kõik proovikettad tähistati ning pakiti eraldi kilekottidesse. Seejärel viidi kettad Eesti Maaülikooli külmkappi, et vältida proovide pragunemist. Proovikettad säilitati -10 °C õhutemperatuuril. Välitöid viisid läbi Sandra Metslaid, Aleksei Potapov, Vivika Kängsepp ja Tauri Arumäe.



Joonis 2. Alatskivi katseala skeem, ja mudelpuude paiknemine. Numbriga on tähistatud päritolu kood (tabel 2) mudelpuude asukohad tähistatud oranži täpiga (skeemi autor V. Kängsepp). Kolm eraldist on toodud erineva värviga (punane – eraldis 12, sinine – eraldis 14, roheline – eraldis 15). Oranži värvi koodid tähistavad ühte mudelpuud.

Tabel 2. Tüvelõhedega mudelpuude päritolude andmed.

Päritolu kood	Riik	Päritolu	Mudelpuud (tüvelõhedega)	N	E
1A	Venemaa (Kerelia)	Karjala, Medvežegorsk	1	62°54′	32°57′
8	Eesti	Viljandi	2	58°24′	25°38′
9	Leedu	Tauragė	2	55°17′	22°19′
10	Läti	Daugavpils	4	56°10′	26°30′
11	Valgevene	Vitebski obl, Bešenkovitši	1	55°05′	29°28′
12	Valgevene	Mogiljovi obj, Tšerikov	3	53°30′	31°24′
13	Valgevene	Gomeli obl, Gomel	2	52°28′	31°00′
14	Valgevene	Minski obl, Tšerven	1	53°45′	28°30′
16	Ukraina	Rovno obl, Rafalovka	1	51°21′	25°53′
17	Ukraina	Taga-Karpaadi obl, Rakhov	1	48°07′	24°03′
19	Venemaa (Kerelia)	Archangeski 1 obl, Plesetski	2	62°54′	40°24′
23	Venemaa	Archangeski 4 obl, Holmogoro	4	64°14′	41°38′
24	Venemaa	Vologda obl, Tšerepovets	2	59°07′	37°57′
25	Venemaa	Komi ANSV, Kortkeros	1	61°41′	51°31′
30	Venemaa	Kalinini obl, Nelidovo	1	56°14′	32°48′
35	Venemaa	Udmurdi ANSV, Iževsk	1	56°50′	53°25′
KOKKU		16 päritolu	29 mudelpuud		

Kõige rohkem langetati 16 päritolust kokku 4 puud. Katsealalt langetati 4 puud Venemaalt Holmogorost ja Lätist Daugavpilsist (tabel 2).

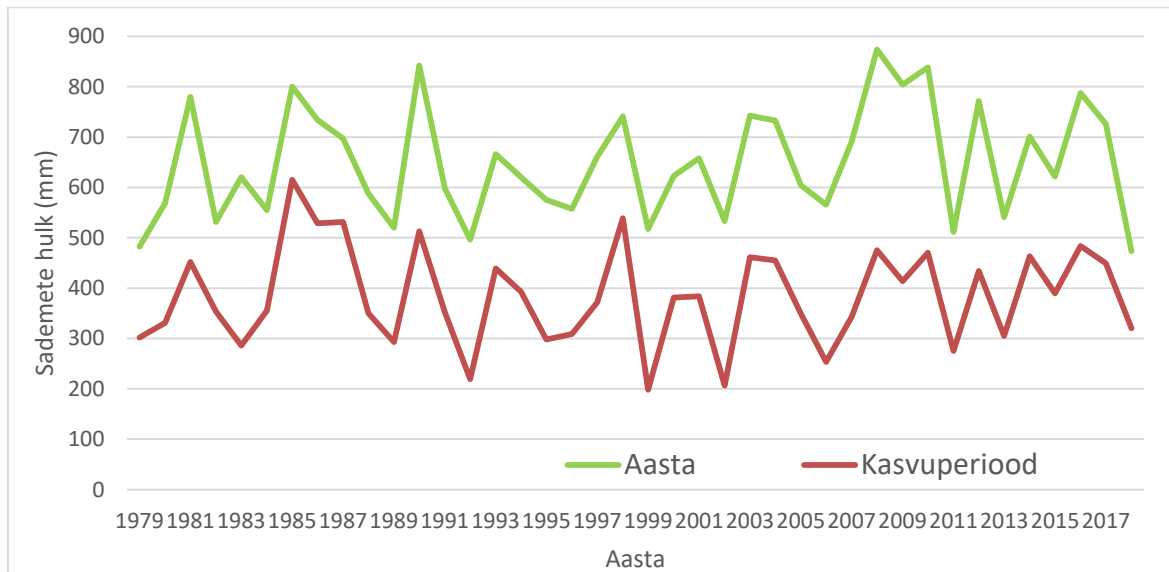
Labortööd

Hariliku kuuse 389 prooviketast valmistati ette Eesti Maaülikooli laboris. Keskmiselt võeti 29 puult 13 prooviketast. Esmase tööna tehti saetööstuse laboris otsehööveldamine ehk rihtimine. Rihtimisega tehti prooviketaste pind ühtlaseks lihvimise jaoks. Hööveldada tuli kõik proovikettad mitu korda, kuna saagimisel tekkinud pind ei olnud sobiv edasi lihvimiseks. Peale hööveldamist lihviti proovikettad erineva hõredusega liivapaberitega. Liivapaberite hõreduspaksused olid järgnevad: P40, P120, P180, P240 ja P400. Lihvimine toimus käsitsi lihvketta ning lint- ja ketaslihvmasinaga. Peale prooviketaste lihvimist tüvelõhed dateeriti dendrokronoloogia laboris, iga prooviketas eraldi. Leiti sisemiste ning välimiste tüvelõhede tekkeaasta, pikkus ning suund. Välitööde käigus oli puu tüvele märgitud põhjasuund ning seetõttu sai dateerida lõhede õiged suunad. Sisemiste tüvelõhede dateerimisel valiti kaheksa eri suunda: põhi, lõuna, ida, lääś, kagu, edel, kirre ja loe. Tüvelõhesid kirjeldati vastavalt avaldumiskohale: h - hilispuidus, v - varapuidus, ar - aastarõngas, eksternal - välimine tüvelõhe ning internal - sisemine tüvelõhe. Aastarõngaid loeti väljaspoolt sissepoole, saades teada, millisel aastal on antud lõhe tekkinud. Lisaks mõõdeti kännuketta pealt aastarõngastevahelised laiused. Kännuketas ehk 0 ketas mõõdeti enamasti kahes suunas. Mõõtmise suundadeks olid enamasti põhja- ja idasuund, kuid mõne hariliku kuuse prooviketas oli hõõveldamisel kahjustada saanud (lisa 1). Kahjustatud kännukettal mõõdeti mõni proov ka lääne- ja lõunasuunast. Aastarõngaste laiuste mõõtmiseks kasutati mõõtmislauda LINTABTM (Rinn, 2003) (lisa 2). Aastarõngad mõõdeti täpsusega 0,01 mm. Ristdateerimist kontrolliti programmiga COFECHA. Töö autor teostas kõik labortööd.

Meteoroloogilised andmed

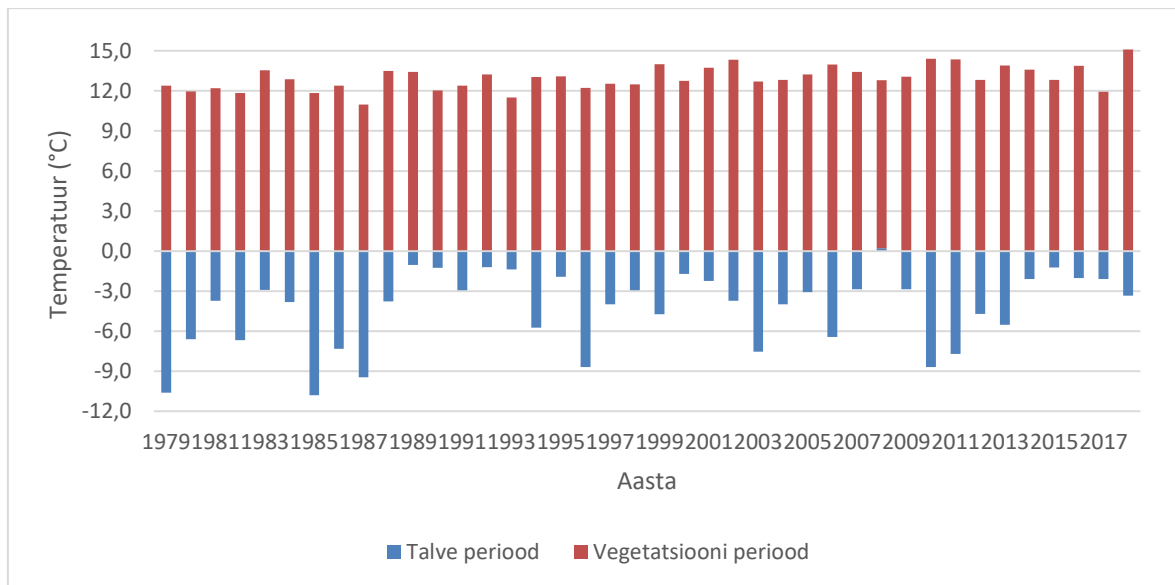
Käesolevas töös kasutati meteoroloogilisi andmeid (õhutemperatuur, sademed) Tartu-Tõravere ilmajaamast aastatel 1979-2018. Varasemates uuringutes leiti, et tüvelõhed tekivad külmast, äikesest, põuast ja tuulest (Cherubini jt 1997), seetõttu keskenduti nende kliimatilistele teguritele. Sademete hulk aastatel 1979-2018 on välja toodud joonisel 3 ja kasvuperioodi ja talveperioodi keskmine temperatuur joonisel 4. Kuivad aastad oli 1979 (482 mm), 1992 (496 mm), 1999 (517 mm), 2002 (533 mm), 2011 (511 mm), 2018 (474 mm).

Kasvuperioodi keskmine sademete hulk aastatel 1979–2018 oli 384 mm ning keskmine temperatuur oli 5,9 °C. Kuivad kasvuperioodid oli 1983 (286 mm), 1989 (293 mm), 1992 (219 mm), 1999 (198 mm) 2002 (206 mm), 2006 (253 mm), 2011 (275 mm), 2013 (305 mm), 2018 (320 mm).



Joonis 3. Aasta keskmine ja kasvuperioodi sademete hulk aastatel 1979-2018 (Tartu-Tõravere ilmajaam).

Talveperioodi kõige külmemad õhutemperatuurid olid Tõravere ilmajaama andmetel aastatel 1985 (-10,8 °C), 1979 (-10,6 °C), 1995 (-8,7 °C), 2010 (-8,7 °C) (joonis 4).



Joonis 4. Kasvuperioodi ja talveperioodi keskmine temperatuur aastatel 1979-2018 (Tartu-Tõravere ilmajaam).

Andmete analüüs

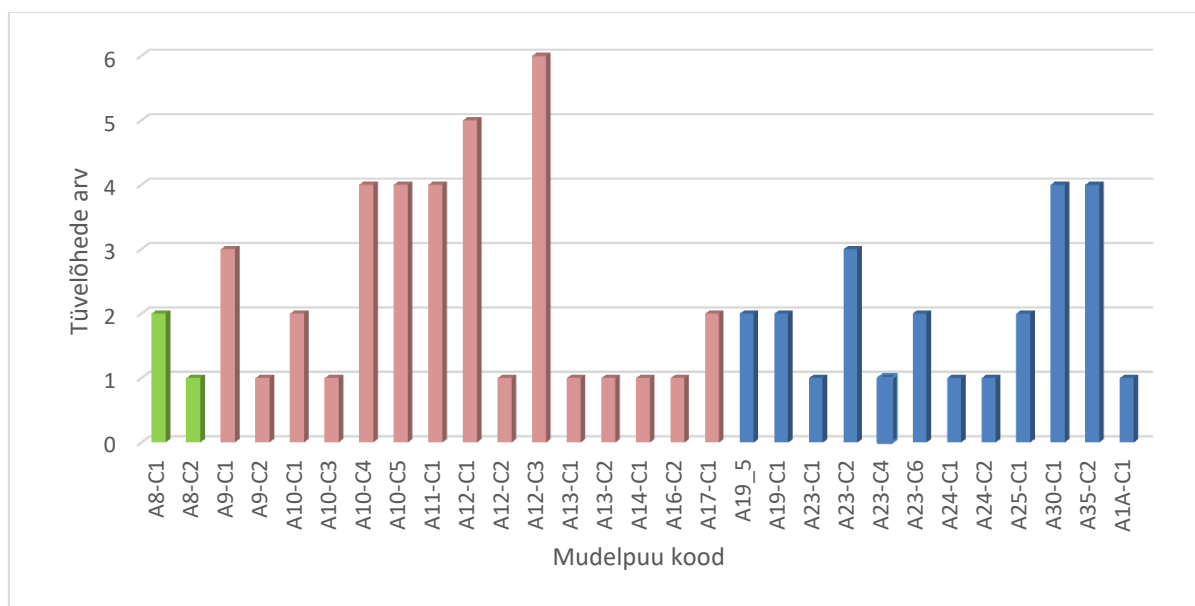
Käesolevas töös tehti arvutused ja analüüsid MS Exceli keskkonnas. Välimiste ja sisemiste tüvelõhede andmete võrdlemiseks grupeeriti erinevate seemnete päritoludega mudelpuud kolme erinevasse gruppi: kohalik päritolu (Eesti), lõuna päritolu ja põhja päritoluga mudelpuud. Kohaliku päritoluga mudelpuu seemned pärit Viljandist. Lõuna päritoludega (pärit Lätist, Leedust, Valgevenest, Ukrainast) mudelpuud, mille laiuskraad oli väiksem kui Viljandi laiuskraad $58^{\circ}24'$, grupeeriti teise rühma. Põhja päritoludega (pärit Venemaalt) mudelpuud, mille laiuskraad oli suurem kui Viljandi laiuskraad $58^{\circ}24'$, grupeeriti kolmandasse rühma.

Statistilisi suhteid uuriti tüvelõhede arvu ning kliimaandmete vahel, kasutades korrelatsioonanalüüsi. Erinevusi gruppide vahel uuriti dispersioonanalüüsiga (ANOVA). Olulisuse nivoo oli 0,05.

TULEMUSED

Välimised tüvelõhed

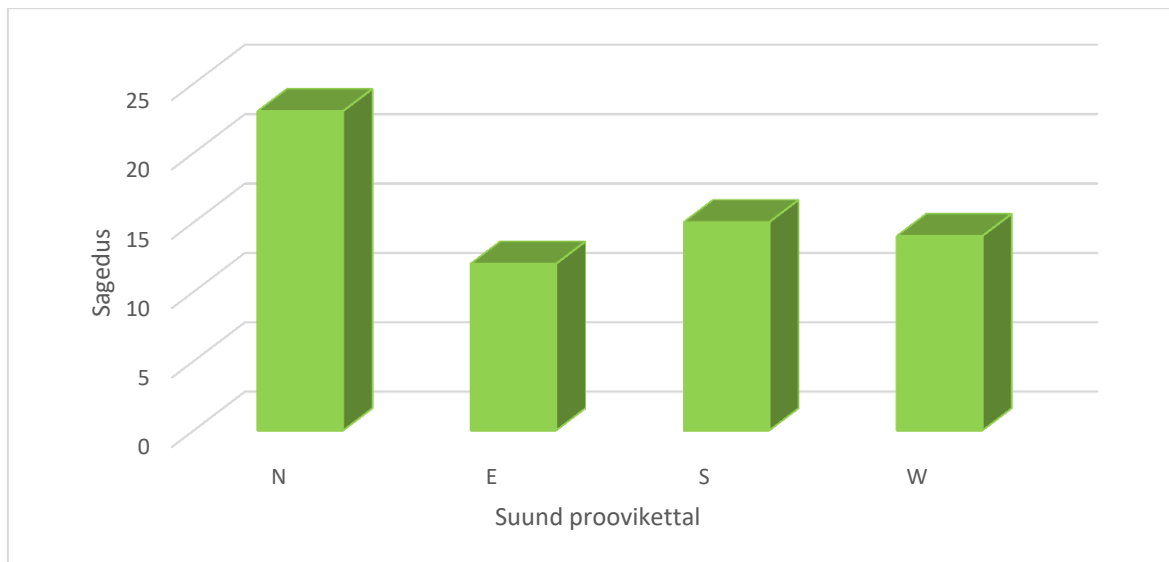
Bakalaureusetöös uuriti kokku 29 harilikku kuuske, kus igal mudelpuul esines 1-6 välimist tüvelõhet (joonis 6). Kokku oli 29 mudelpuul 64 välimist tüvelõhet.



Joonis 6. Välimiste tüvelõhede jagunemine mudelpuu kaupa. Värvid näitavad erinevaid geograafilisi paignemisi: roheline – kohalik (Eesti, Viljandi), roosa – lõuna päritolud (Läti, Leedu, Valgevene, Ukraina), sinine – põhja päritolu (Venemaa).

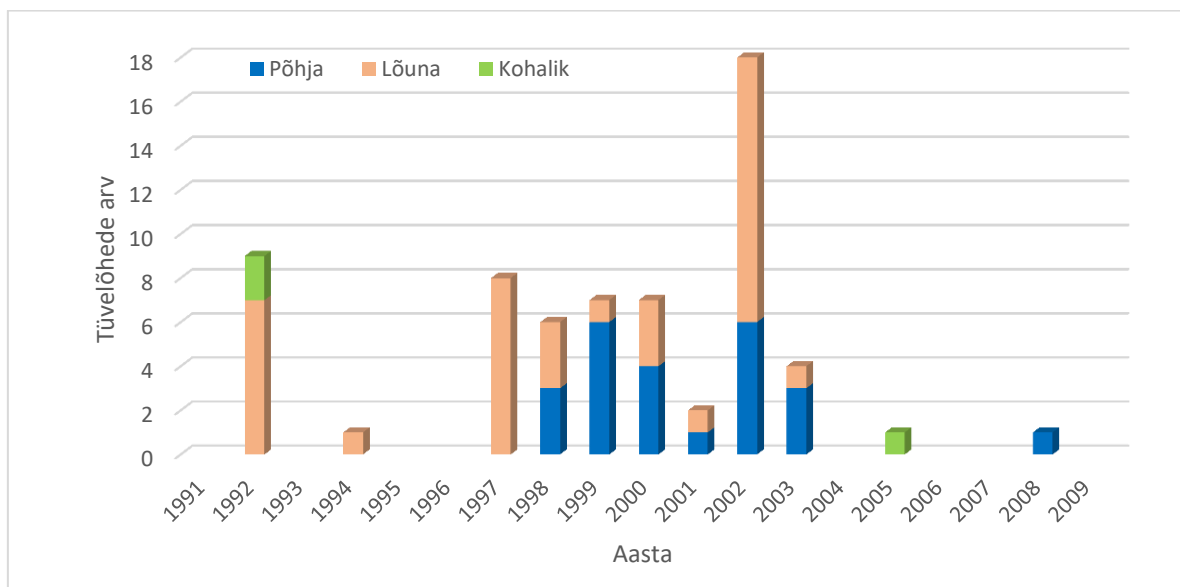
Eesti päritolust oli 2 mudelpuud, kus esimesel mudelpuul A8-C1 oli kaks välimist tüvelõhet ning teisel mudelpuul A8-C2 (lisa 3) oli üks välimine tüvelõhe. Kõige rohkem välimisi tüvelõhesid esines Valgevene, Tšerikovi päritoluga mudelpuul A12-C3.

Kõige rohkem esines välimisi tüvelõhesid põhja suunas (joonis 7). Põhja suunas oli välimisi tüvelõhesid kokku 23, mis moodustab 36 % kõikidest tüvelõhe suundadest.



Joonis 7. Välimiste tüvelõhede esinemine mudelpuudel erinevates ilmakaartes. (N - Põhi, E - Ida, S – Lõuna, W – Lääne)

Välimistele tüvelõhede leiti tekkeaastad visuaalse dateerimise käigus dendrokronoloogia laboris ning analüüsides tuli välja, et 2002. aastal tekkis kõige enam välimisi tüvelõhesid. Uuritavad harilikud kuused olid siis 27-aastased. Välimisi tüvelõhesid tekkis 2002. aastal 18, mis on 28% kõikidest välimistest tüvelõhedest (joonis 8). Esimene välimine tüvelõhe tekkis Eesti, Läti ja Valgevene päritoludega taimedel 1992. aastal.



Joonis 8. Välimiste tüvelõhede esinemise tekkeaasta

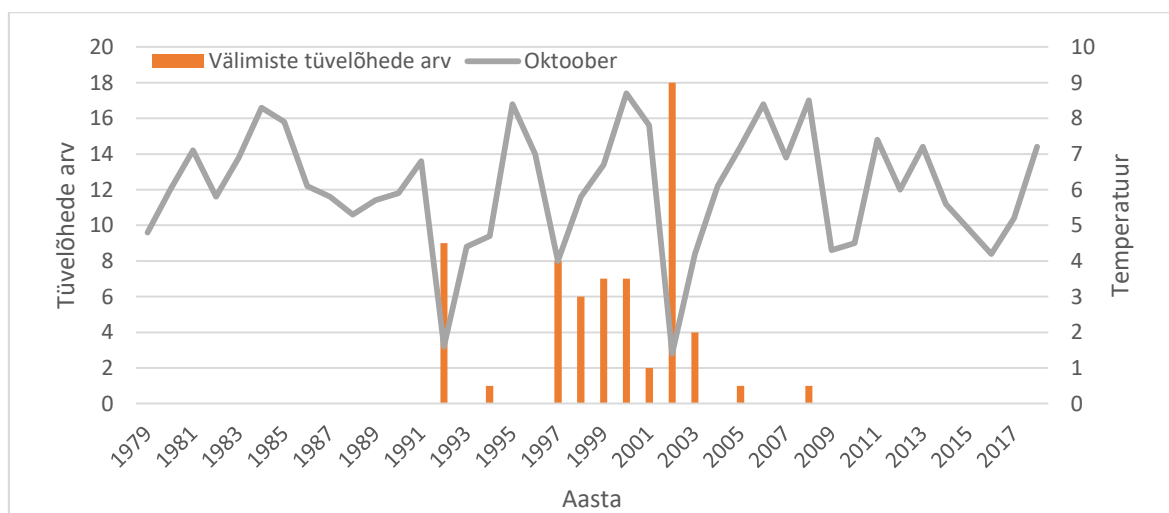
Välimised tüvelõhed tekkisid aastatel 1992 – 2008. Lisaks on joonisel 8 näha, et põhja päritoluga mudelpuudel tekkisid tüvelõhed hiljem kui kohalikul ja lõuna päritoluga puudel.

Välimiste tüvelõhede kõige madalam punkt algas kannukõrgusest, mida esines Lāti, Valgevene ja Venemaa päritoludega mudelpuudel, ning kõige kõrgem punkt lõppes 7,86 m peal, mis esines Venemaa päritoluga mudelpuul A19-5.

Kõige lühema tüvelõhega mudelpuu on pärit Valgevenest Bešenkovitšist, mille pikkuseks on 0,13 m, ning kõige pikem pärineb Lätist Daugavpilsist, mille pikkuseks mõõdeti 4,2 meetrit. Valgevene Tšerikovi päritoluga mudelpuul esines 6 erinevat välimist tüvelõhet (lisa 4).

Välimiste tüvelõhede ja kliimaatiline seos oli kõige suurem võrreldes teiste kuudega oktoobrikuus ($r = 0,46$). Joonisel 9 on näha, et kõige täpsemini kattuvad 1997. aasta oktoobrikuu temperatuur ja tüvelõhede arv.

Esimene välimine tüvelõhe tekkis 1992. aastal ning siis oli sademete hulk 504,8 mm, mis on väga vähe võrreldes 1979-2018 vaheliste aastate keskmise sademete hulga 664,3 millimeetriga. Sisemisi tüvelõhesid tekkis 2002. aastal kõige enam, selle tekkepõhjustajaks võib pidada samal aastal olevat põuaperioodi (joonis 3).

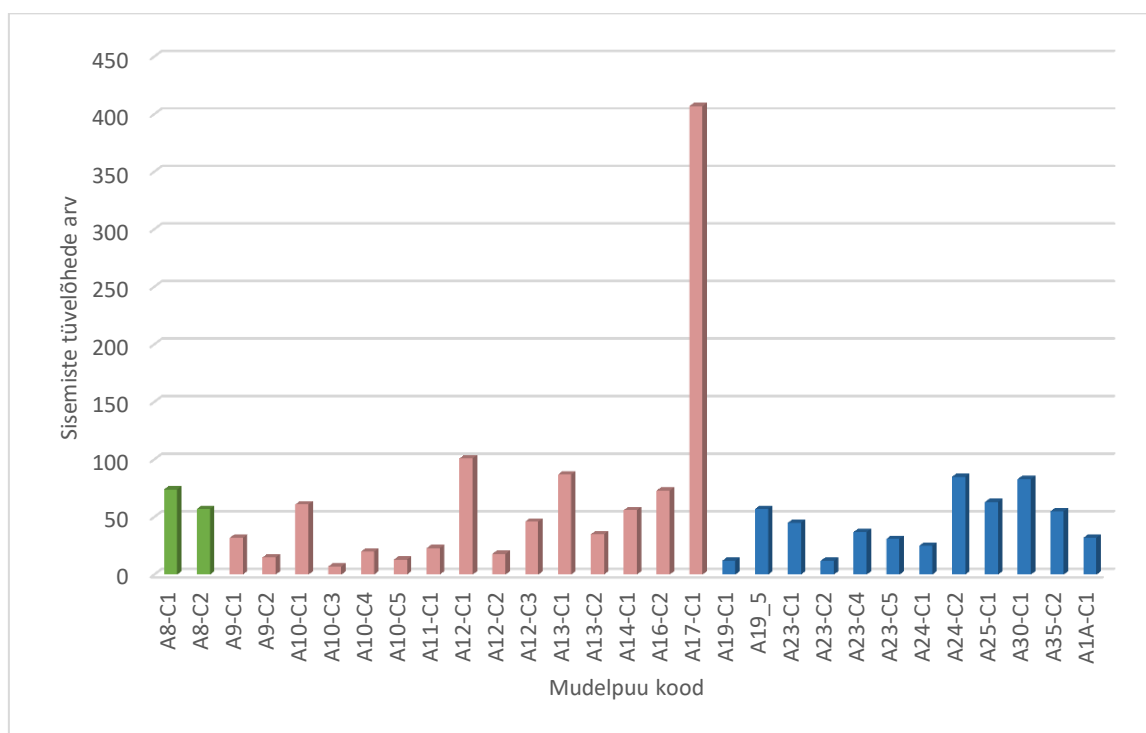


Joonis 9. Välimiste tüvelõhede arvu ning oktoobrikuu keskmise temperatuuri seos

Sisemised tüvelõhed

Käesolevas töös uuriti lisaks välimistele tüvelõhedele ka sisemisi tüvelõhesid (lisa 5). Sisemiste tüvelõhede arv arvestati kõikidel mudelpuudel kännukõrgusest kuni 13 meetrini, kuna keskmiselt saadi ühelt mudelpuult 13 prooviketast.

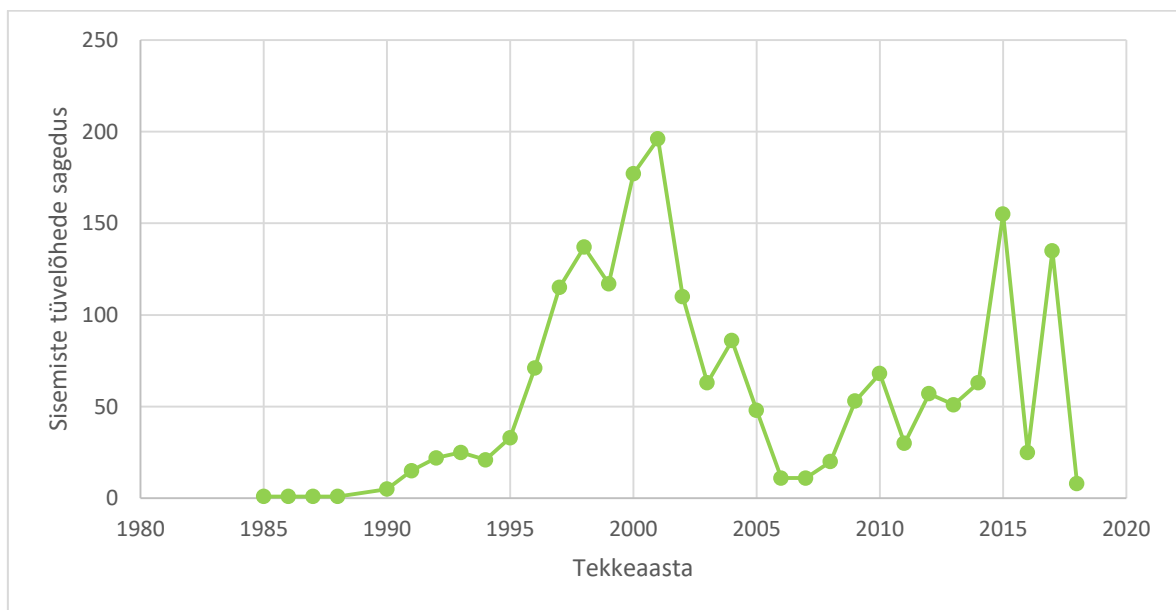
Kõige vähem sisemisi tüvelõhesid prooviketastel esines Läti päritoluga mudelpuul (joonis 10).



Joonis 10. Sisemiste tüvelõhede jagunemine mudelpuu kaupa. Värvid näitavad erinevaid geograafilisi paiknemisi: roheline – kohalik (Eesti, Viljandi), roosa – lõuna päritolud, sinine – põhja päritolud.

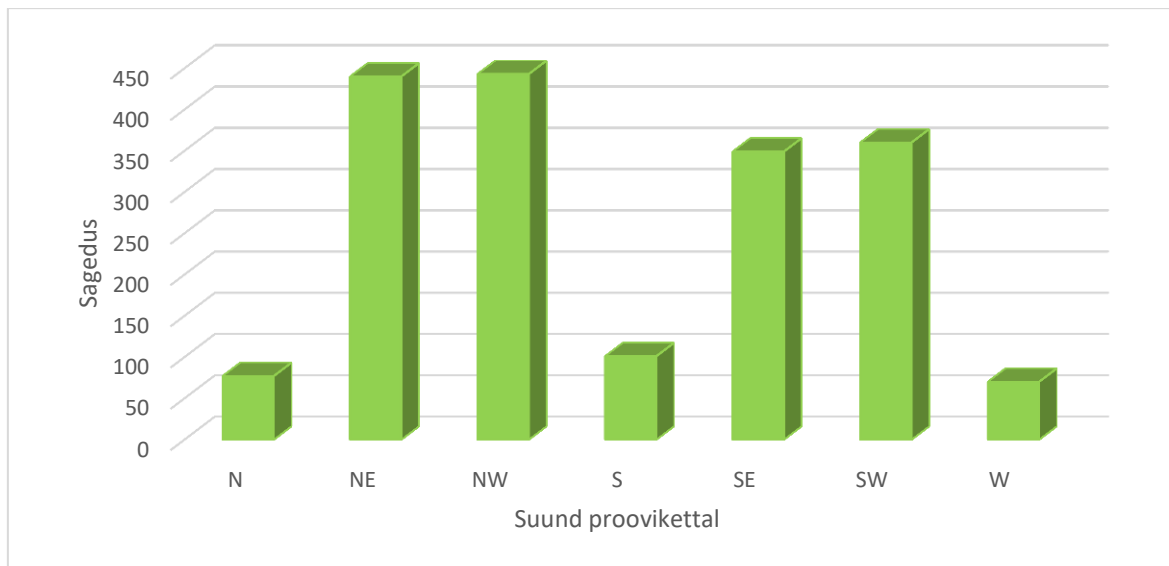
Kui Läti päritoluga mudelpuul A10-C3 esines 8 sisemist tüvelõhet, siis kõige rohkem esines Ukraina päritoluga mudelpuul sisemisi tüvelõhesid, mudelpuul A17-C1 oli sisemisi tüvelõhesid kokku 407.

Käesolevas töös leiti, et kõikidest päritoludest mudelpuudel oli vähemalt üks sisemine tüvelõhe. Sisemisi tüvelõhesid dateeriti visuaalselt. Arvutustes tuli välja, et kui puu oli 26-aastane, esines sisemisi tüvelõhesid kõige rohkem. Aastal 2001 oli sisemisi tüvelõhesid 29 harilikul kuusel kokku 196. Esimene sisemine tüvelõhe tekkis 1985. aastal Valgevenest Tšerikovist pärit mudelpuul A12-C2. (joonis 11).



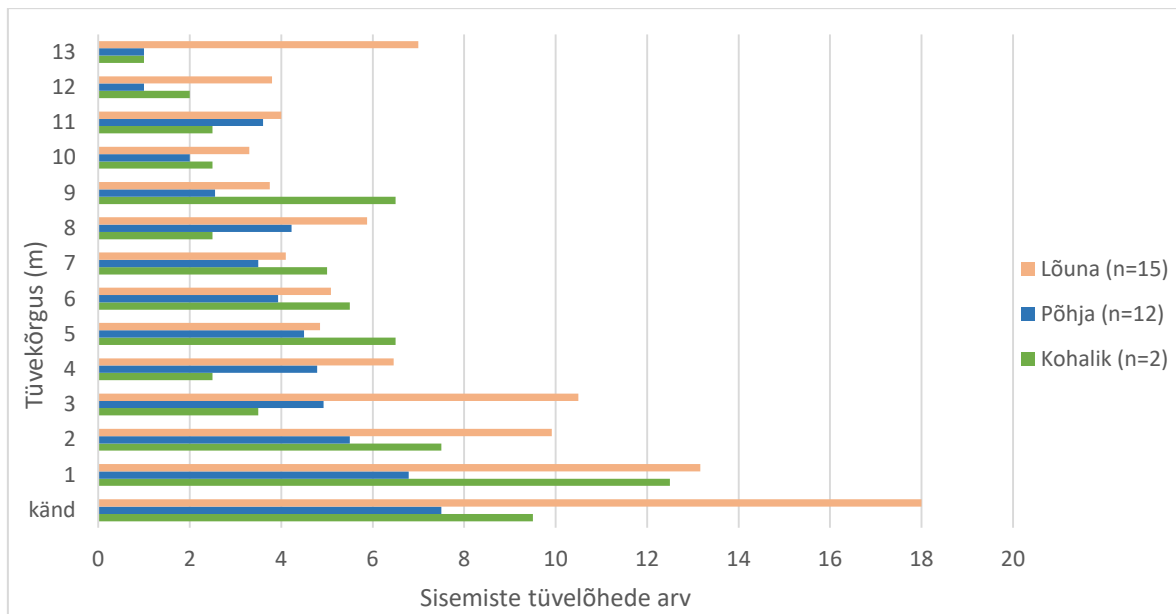
Joonis 11. Sisemiste tüvelõhede esinemine aasta lõikes.

Järgneva etapina uuriti sisemiste tüvelõhede suunda ning tema iseloomu. Analüüsis tuli välja, et kõige rohkem asus sisemisi tüvelõhesid loode suunas. Loode suunas oli sisemisi tüvelõhesid kokku 443. Lisaks tuli analüüsi lõpus välja, et kõige vähem asub sisemisi tüvelõhesid ida suunas (joonis 12).



Joonis 12. Sisemiste tüvelõhede esinemise sagedus erinevates ilmakaare suundades.
(N - Põhi, E - Ida, S – Lõuna, W – Lääne, NE – Kirre, NW – Loe, SE – Kagu, SW - Edel)

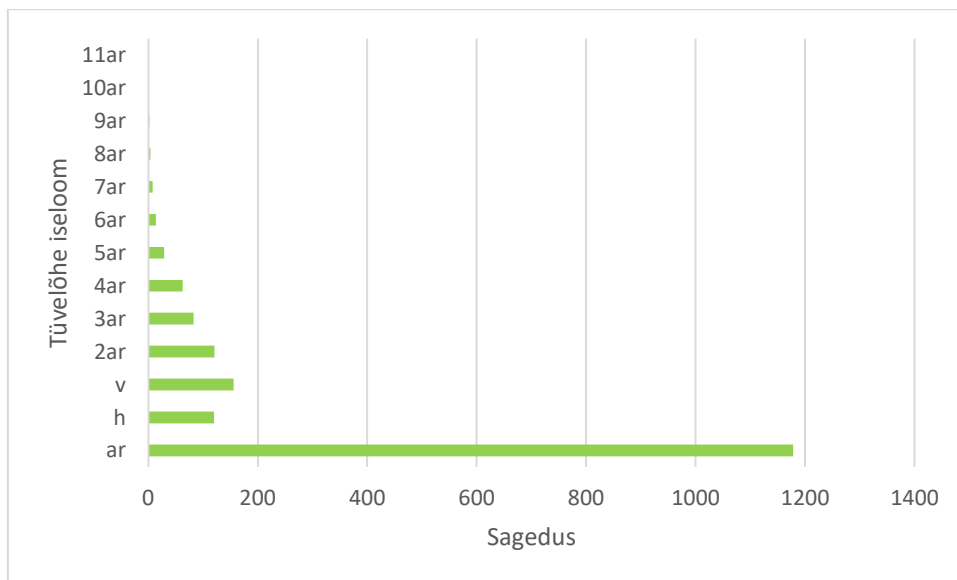
Lisaks arvutati välja keskmiste sisemiste lõhede paiknemise sagedus prooviketastel alates kännukettast kuni kõrguseni 13 m, et tulemused oleksid täpsemad. Joonisel 13 on näha, et keskmiselt kõige rohkem sisemisi tüvelõhesid alumises tüveosas tekkis lõuna ja põhja päritoluga puudel.



Joonis 13. Sisemiste tüvelõhede paiknemise sagedus päritolu regiooni ja tüve kõrguse järgi

Kohaliku päritoluga mudelpuudel tekkis kõige rohkem sisemisi tüvelõhesid keskmiselt 1 m kõrgusel. Põhja ja kohaliku päritoluga mudelpuudel vähenes sisemiste tüvelõhede arv siis, kui kõrgus suurenes. Lõuna päritoluga keskmised sisemised tüvelõhed vähenesid kõrguseni 12 ja siis toimus järsk tüvelõhede arvu tõus 13 m juures. Sisemiste tüvelõhede paiknemine tüve peal gruppide vahel oli sarnane ($p=0,09$).

Lühikesi sisemisi tüvelõhesid esines kõigil 29 mudelpuul. Varapuidus asetsevad tüvelõhed tekkisid kasvuperioodi keskel ning hilispuidus asetsevad tüvelõhed tekkisid vegetatsiooniperioodi lõpus. Erineva laiusega sisemisi tüvelõhesid oli kokku 13 (joonis 14).



Joonis 14. Sisemiste tüvelõhede erineva laiusega esinemine prooviketastel. (ar – aastarõnga laiune, v – varapuidus, h – hilispuidus)

Korrelatsioonianalüüsi tulemusena saadi teada, et välimised ja sisemised tüvelõhed ei ole omavahel seoses ($p = 0,001$).

ARUTELU

Käesolevas bakalaureusetöös analüüsi erinevat päritolu harilike kuuskede välimisi kui ka sisemisi tüvelõhesid, nende tekkeaastaid, suundasid ning võimalikke ilmastikumõjusid. Hariliku kuuse tüvelõhesid ei ole Eestis varem põhjalikult uuritud. Euroopas on varem uuritud hariliku kuuse tüvelõhede esinemist Rootsis (Persson 1994), Norras (Dietrichson jt 1985), Leedus (Vasiliauskas jt 2001), Lätis (Zeltinš jt 2018). Antud töös selgus, et kõigist päritoludest esines mudelpuudel välimisi kui ka sisemisi tüvelõhesid. Kõige rohkem välimisi tüvelõhesid esines Valgevene Tšerikovi päritoluga mudelpuul A12-C3. Maaten (2014) eeldas, et tüvelõhed ei teki kohaliku päritoluga kuuskedel üksi kasvades, vaid ainult siis, kui nad kasvavad Leedu ja Läti päritolu puudega koos. Antud töös selgus, et esimesed välimised tüvelõhed tekkisid 1992. a ning nende puude hulgas olid lisaks Lõuna päritolule ka Eesti päritoluga mudelpuud.

Käesolevas töös leiti, et kõige suurem seos välimiste tüvelõhede ja kliimaatiliste tegurite vahel aastast oli oktoobrikuu keskmine temperatuuriga, kus järsk õhutemperatuuride muutumine oli kõige suurem võrreldes teiste kuude õhutemperatuuri muutustega. Lisaks oktoobrikuu tulemustele uuriti vegetatsiooniperioodi ja talveperioodi õhutemperatuuride kõikumisi. Vegetatsiooniperioodi õhutemperatuuride kõikumised jäid 11–15,1°C juurde. Talveperioodi aastased õhutemperatuuri kõikumised 0,2–10,8°C olid ekstreemsemad võrreldes vegetatsiooniperioodi aastaste muutustega. Cherubini jt. (1997) arvates võib üheks tüvelõhesid tekitavateks faktoriteks pidada talveperioodi lõppu, varakevade algust, kus õhutemperatuur järsult muutub, kuna siis ei ole puudel võimalik saada toitevett, sest pinnavesi on alles jäätunud.

Sademetes vähesust ehk põuaperioodi võib pidada järgmiseks faktoriks välimiste tüvelõhede tekkimisel, mida töös põgusalt ka uuriti. Näitena saab tuua 1992. aastal olevat põuaperioodi, kus sademeid oli aastasest keskmisest sademete hulgast ligi 160 mm vähem. Eelnevalt kirjeldatud aastal tekkis uuritud lõuna ja kohaliku päritoluga mudelpuudel esimene välimine tüvelõhe.

KOKKUVÕTE

Bakalaureusetöö „Hariliku kuuse tüvelõhede uurimine Alatskivi 1979 katsekultuuris“ eesmärgiks oli: 1) uurida erineva päritoludega puude tüvelõhede tekkimise aega; 2) leida, millises ilmakaare suunas asetsevad puul asuvad nii sisemised kui ka välimised tüvelõhed; 3) uurida kliima ning tüvelõhede tekkimise omavahelist seost; 4) leida, millise päritoluga taimed võivad meie kliimale kõige paremini sobida.

Välimised tüvelõhed tekkisid minu uuritud mudel puudel 1992 – 2008. aastatel. analüüsides tuli välja, et 2002. aastal tekkis kõige enam välimisi tüvelõhesid. Sisemised tüvelõhed tekkisid mudelpuudel 1985 – 2018. aastatel.

Lisaks leiti, et kõige vähem sisemisi tüvelõhesid esineb Läti päritoluga mudelpuul A10-C3, kus oli 8 sisemist tüvelõhet. Kõige rohkem esines Ukraina päritoluga mudelpuul sisemisi tüvelõhesid, mudelpuul A17-C1 oli sisemisi tüvelõhesid kokku 407.

Kõige rohkem esines välimisi tüvelõhesid põhja suunas. Põhja suunas oli välimisi tüvelõhesid kokku 23, mis moodustab 36% kõikidest tüvelõhe suundadest. Analüüsis tuli välja, et kõige rohkem sisemisi tüvelõhesid asus loode suunas. Loodes suunas oli sisemisi tüvelõhesid kokku 443.

Kliimategurite ning tüvelõhede tekkimise osas ei saa väita, et just kliima on antud tüvelõhed tekitanud, kuid kõige tõenäolisemaks antud töös võib pidada 1992 ja 2002. aastal olevaid põuaperioode ning oktoobrikuu keskmist temperatuuri muutumist võrreldes teiste kuudega.

Meie kliima jaoks kõige sobilikumaks puuks antud uurimuse järgi võib pidada Läti päritoluga mudelpuud A10-C3, kus esines 8 sisemist tüvelõhet.

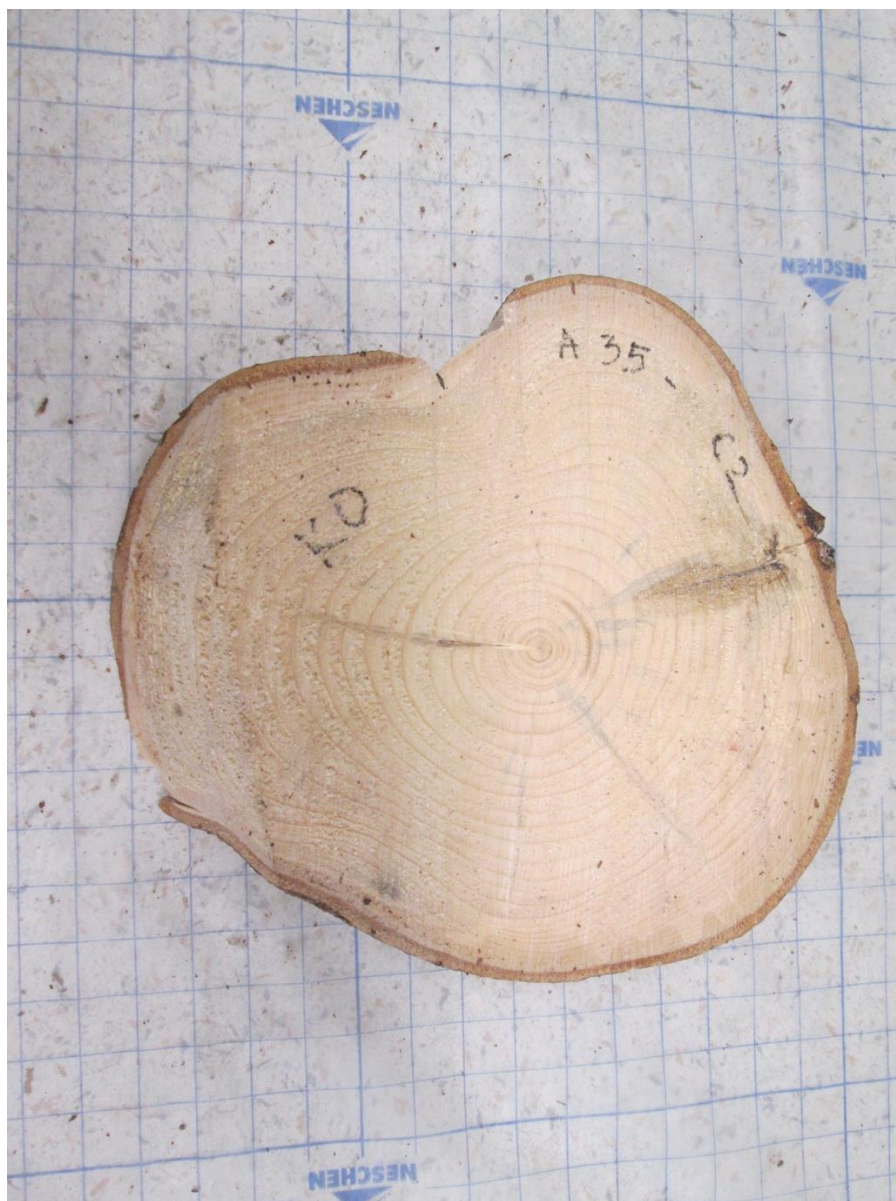
KASUTATUD KIRJANDUS

- Aastaraamat Mets (2017).** Toim. M. Raudsaar, K.L Siimon, M. Valgepea. Tallinn: Keskkonnaagentuur. 292 lk.
- Cherubini, F., H., Schweingruber, T., Forster (1997).** Morphology and ecological significance of intra-annual radial cracks in living conifers. *Trees* 11: 216-222.
- Dietrichson J., PA., Rognerud, O., Haveraaen, T., Skroppa (1985).** Stem cracks in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst). *Reports of the Norwegian Forest Research Institute* 38(21): 1-32.
- Etverk, O. (1990).** Hariliku kuuse geograafilised kultuurid Eestis. Eesti Maaülikool. Diplomitöö. 203 lk.
- EUFORGEN (2019).** [veebileht] <http://www.euforgen.org/species/> (30.04.2019).
- Keskkonnaagentuur.** [veebileht] <https://www.keskkonnaagentuur.ee/et/mets> (12.05.2019).
- Kubler (1987).** Origin of frost cracks in stems of trees . *Journal of arboriculture* 13(4): 93-97.
- Maaten, T. (2014).** KIK metsanduse projekti nr 3677 „Hariliku kuuse ja männi kultiveerimismaterjali algmaterjali sisseveo sobilikkuse analüüs“ lõpparuanne. Eesti Maaülikool. 58 lk.
- Metsaregister. (2019).** [veebileht] <https://register.metsad.ee/avalik/> (15.05.2019).
- Zeltinš, P., Katrevičs, J., Gailis, A., Maaten, T., Baders, E., Jansons, A. (2018).** Effect of stem diameter, genetics, and wood properties on stem cracking in Norway spruce. *Forests* 9: 546.
- Persson, A. (1994).** Stem cracks in Norway spruce in southern Scandinavia: causes and consequences. *Ann. Sci. For.* 51: 315-327.
- Rinn F. (2003).** TSAP-Win professional, Timeseries analysis and presentation for dendrochronology and related applications. Version 0.3 Heidelberg, Saksamaa.
- Speer, J.H. (2010).** Fundamentals of Tree-Ring Research. USA: University of Arizona Press. 509 lk.

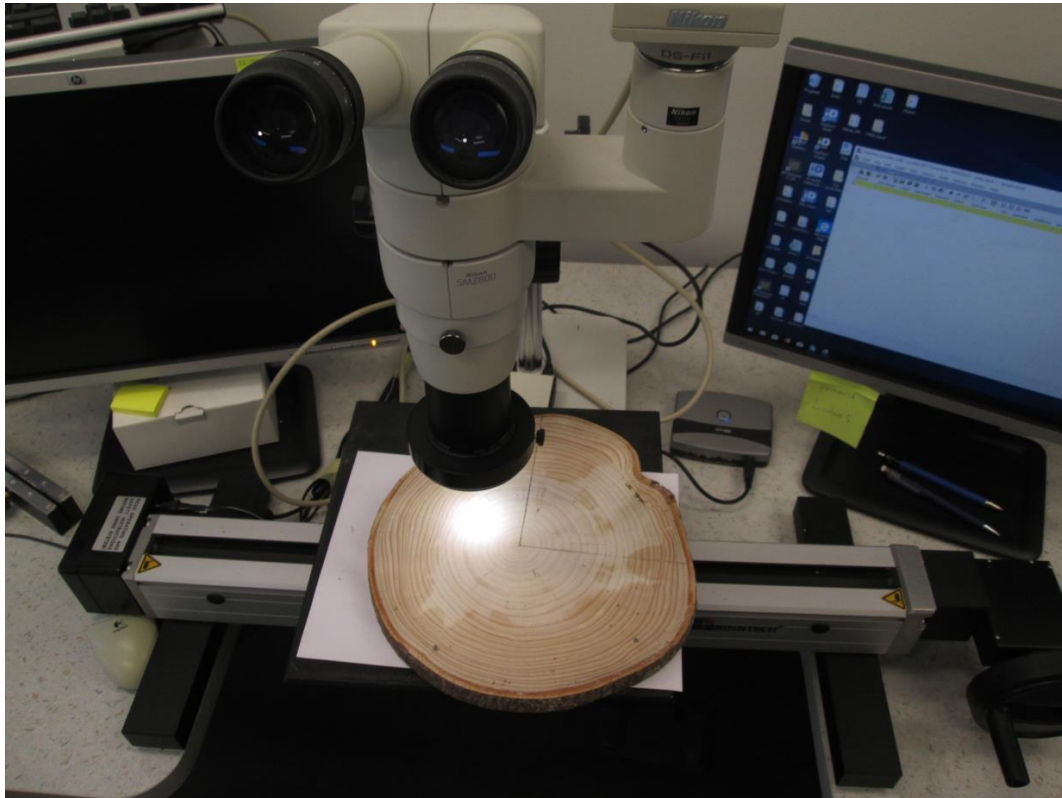
Vasiliauskas, R., E., Juška, J., Stenlid, A., Vasiliauskas (2001). A. Clonal differences and relations between diameter growth, stem cracks and fungi in a 36-year-old clonal seed orchard of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst). *Silvae Genet* 50: 227-233.

LISAD

Lisa 1. Hõõveldamisel kahjustada saanud prooviketas A35-C2.



Lisa 2. Mõõtmislaud LINTAB™.



Lisa 3. Välimine tüvelõhe mudelpuul A8-C2 (autor: Sandra Metslaid).



Lisa 4. Kokkuvõttev tabel erineva päritoluga mudelpuude keskmistest mõõtudest.

Päritolu	D (cm)	st.hälve (cm)	H (m)	st.hälve (m)	Tüvelõhe pikkus (m)	st.hälve (m)	Tüvelõhe keskpunkt (m)	st.hälve (m)
8	25,8	0,98	21,4	1,15	0,95	0,27	2,66	1,14
9	22,0	2,35	20,8	1,10	1,50	0,56	4,28	1,88
10	23,0	4,04	20,1	1,03	1,89	1,19	4,72	2,86
11	23,7		18,4		0,62	0,56	1,45	0,72
12	30,9	4,29	20,8	2,04	1,57	1,15	3,06	1,79
13	28,4	2,76	20,5	0,78	2,75	0,07	2,53	1,66
14	25,3		19,2		1,40		2,40	
16	29,5		21,4		3,10		4,45	
17	25,9		20,7		2,13	0,39	3,24	1,50
19	27,2	2,94	20,7	0,00	2,36	1,39	3,86	2,46
23	28,9	3,17	19,9	1,75	1,78	1,28	2,16	0,93
24	25,1	0,28	20,1	0,64	1,63	0,60	2,74	0,65
25	20,7		20,1		1,74	1,08	2,57	2,95
30	24,2		19,6		0,58	0,68	1,90	0,68
35	20,5		16,0		1,28	0,42	3,76	3,14
1A	30,2		20,1		2,60		2,30	

Lisa 5. Sisemine tüvelõhe proovikettal A13-C1.



